

Таким образом, коэффициент недостатка насыщения торфа, как и удельная водоотдача торфа, пропорционален  $K^{0,333}$ .

На основании численного решения получено следующее уравнение зависимости коэффициента недостатка насыщения торфа с режимобразующими факторами:

$$\mu = 0,135 K^{0,333} h^{0,25} \left( \frac{\sum D+1}{\sum N+1} \right)^{0,333}, \quad (3)$$

где обозначения те же, что и в формуле (2).

### Литература

1. Современное состояние почвенноземельных ресурсов Беларуси [Электронный ресурс]: URL: <https://geo.bsu.by/images/pres/soil/kml/kml03.pdf> – Дата доступа 20.05.2020.
2. Ивицкий, А. И., Афанасик Г. И., Михальцевич А. И. Проектирование и расчеты регулирующей сети осушительно-увлажнительных систем на торфяных почвах (рекомендации). – Минск : Ураджай, 1979 – 80 с.
3. Маслов, Б. С. Режим грунтовых вод переувлажненных земель и его регулирование // Б. С. Маслов. – М. : Колос, 1970. – 231 с.
4. Гладышев, С. В. Севриков, А. А. Результаты исследования водоотдачи грунтов / Сб. науч. тр. Сев.НИИГиМ Пути повышения эффективности мелиоративных систем в Нечерноземной зоне РСФСР. Л., 1982. – С. 74–78.
5. Микаловичус, Ю. Исследование осушения и увлажнения мелкозалежных торфяников (на примере польдера Миния) / Машинное осушение затопляемых пойменных земель, вып.2 Елгава, 1977. – С. 134–139.

УДК 631.459.31+627.8

### Деформационные процессы береговых склонов водохранилищ Республики Беларусь на современном этапе их эксплуатации

Кобяк В. В.

Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь  
Минск, Республика Беларусь

*В статье приведены результаты рекогносцировочных и стационарных натурных наблюдений за процессами, происходящими в береговой зоне водохранилищ Республики Беларусь в период с 2006 по 2019 гг. На примере ряда водохранилищ установлены причины регенерации процессов деформации коренных берегов, определены основные берегоформирующие факторы и условия. Определены масштабы и интенсивность протекания процессов переработки береговых склонов в зависимости от гидрологических условий эксплуатации водохранилищ.*

Создание водохранилищ наряду с несомненной их экономической выгодой влечет за собой ряд негативных последствий в процессе их эксплуатации. К числу таковых следует отнести разрушение коренных берегов – абразия, заболачивание и подтопление территории, переосушивание поймы, изменение качества вод, эрозия и многое другое. Однако наиболее опасным является абразия берегов при ветро-волновом воздействии в сочетании с амплитудой колебания, в результате чего разрушаются селитебные территории, происходит изъятие сельскохозяйственных земель и лесных угодий из оборота, что приносит ущерб сельскому хозяйству [1]. Зачастую в потенциальную зону разрушения береговых склонов попадают населенные пункты, объекты культуры и др.

Исследования, проведенные на территории Беларуси [2, 3], указывают на то, что абразия берегов водохранилищ стабилизируется в течение 10–20 лет их эксплуатации. В то же время стационарные исследования, проведенные с 2006 по 2019 гг., выявили признаки активизации (регенерации) береговых процессов на ряде водохранилищ страны, прошедших стадию их стабилизации [4].

Согласно последним данным, на территории Беларуси насчитывается более 150 водохранилищ [4]. Сеть наблюдений за процессами абразии охватила 43 разнотипных водохранилища (речные, озерно-речные, озерные, наливные), размещение которых по территории Беларуси представлено на рис. 1.

В ходе проведения натурных исследований были установлены возможные причины регенерации переработки береговых склонов на малых равнинных водохранилищах Республики Беларусь, определены возможные масштабы и динамика данных процессов на современном этапе их эксплуатации, проведено сопоставление имеющихся фондовых материалов и данных, полученных по результатам натурных наблюдений за абразионными процессами за последние 10 лет.

В программу натурных наблюдений и исследований входило измерение высоты коренного берега, определение ширины подводной части и глубины на внешнем краю отмели, общей протяженности береговой линии, подверженной абразии, а также отбор образцов грунта, слагающего береговой склон. По результатам исследований были построены поперечные профили береговых склонов с их морфологическим и морфометрическим описанием.

Проведенные наблюдения выявили развитие процессов деформации береговых склонов на 35 из 43 водохранилищах, т.е. на 80 % от общего количества изученных водоемов.

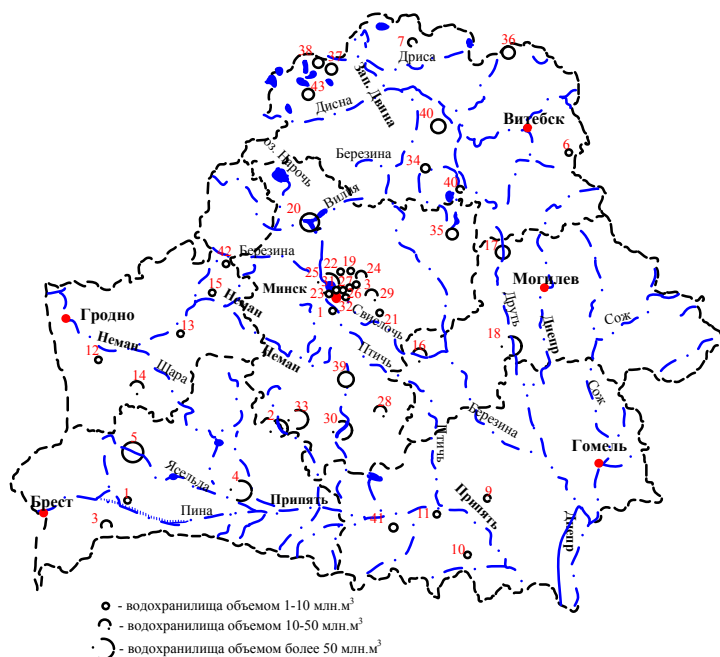


Рис. 1. Карта-схема размещения водохранилищ Беларуси:

- 1 – Птичь, 2 – Локтыши, 3 – Раубичи, 4 – Погост, 5 – Селец,  
 6 – Добромысленское, 7 – Клястицкое, 8 – Лукомское, 9 – Автюки,  
 10 – Княжеборское, 11 – Лешненское, 12 – Волповское, 13 – Гезгальское,  
 14 – Зельвенское, 15 – Лаздунское, 16 – Осиповичское, 17 – Тетеринское,  
 18 – Чигиринское, 19 – Острошицкий Городок, 20 – Вилейское,  
 21 – Волма, 22 – Вяча, 23 – Дрозды, 24 – Дубровское, 25 – Заславское,  
 26 – Комсомольское озеро, 27 – Криница, 28 – Любанское,  
 29 – Петровицкое, 30 – Солигорское, 31 – Цнянское, 32 – Чижовское,  
 33 – Краснослободское, 34 – Лепельское, 35 – Селявское,  
 36 – Езерищенское, 37 – Хоробровк, 38 – Браславское,  
 39 – Рудня, 40 – Гомельское, 41 – Завойть,  
 42 – Жемыславское, 43 – Дривяты

В результате обработки данных натурных наблюдений было установлено, что основными источниками регенерации (повторного развития) процессов переработки береговых склонов в условиях малых равнинных водохранилищах Беларуси являются изменение уровенного режима, а также форма и расположение водоема в плане.

Изменение уровневого режима с его повышением и дальнейшее ветроволновое воздействие на береговой склон (при новом положении уровня воды в водоеме) происходило по разным причинам.

В период эксплуатации *Осиповичского водохранилища* с 1955 года средняя величина линейной переработки по 9 створам с общей протяженностью более 1,5 км составила более 10 м. Длительность процесса берегоформирования, по результатам наблюдения Левкевича Е.М., составила около 15 лет.

Введение в эксплуатацию Вилейско-Минской водной системы (далее – ВМВС) в 1978 году и переброска части стока из р. Вилия в р. Свислочь привели к тому, что Осиповичское водохранилище, которое по характеру регулирования стока относилось к группе водоемов недельно-суточного регулирования, перешло к сезонному регулированию. Это привело к увеличению обеспеченности активных уровней почти до 90 % и переходу по уровневому режиму в верхнем бьефе от первой группы водоемов ко второй.

Зарегулирование естественных водоемов (озер) при создании малой гидроэлектростанции на *Лепельском озере* вызвало поднятие отметок уровня воды более чем на 3,5 м. Данные натурных наблюдений, проведенных на трех участках по 9 створам, показали, что переработка береговой линии наблюдается в южной, юго-восточной и восточной частях водоема, на что указывают материалы профилирования береговых склонов (рис. 3). Длина разгона волны на данных участках совпадает с действием ветров южного и западного направлений в безледный период.

Наименьшей абразии подвержены берега, расположенные в северо-восточной части Лепельского водохранилища. Длина береговой линии составляет более 0,5 км при высоте коренного берега более 12 м. Величина линейной переработки за 7 лет составила более 2,5 м (рис. 2).



Рис. 2. Переработка береговой линии в северо-восточной части Лепельского водохранилища

Нарушение режима эксплуатации гидротехнических сооружений в результате отсутствия контроля за организацией регулирования пропуска воды на *Краснослободском водохранилище* привело к резкому поднятию уровня

воды (в течение одного сезона) выше проектных отметок, что вызвало разрушение берегового склона с величиной линейной переработки более чем на 3,5 м. Протяженность участков размыва в плане составила более 450 м. Береговой обрыв имеет высоту 1...1,2 м (рис. 3).



Рис. 3. Створы № 1 и № 2 на Краснослободском водохранилище

После введения в 1955 году Заславского водохранилища [5] наблюдения за переработкой коренных берегов производили по четырем участкам общей протяженностью более 3 км, расположенным в юго-восточной части водоема. Через 15 лет эксплуатации абразионные процессы стабилизировались. Введение в 1976 году в эксплуатацию ВМВС вызвало изменение уровневого режима во всех водохранилищах, расположенных в каскаде, в результате чего ранее стабилизированные (подверженные переработке) берега перешли в новую генетическую группу (стадию) – абразионную. Переработка коренных берегов проявилась в северной части Заславского водохранилища на участке протяженностью более 300 м. Высота абразионного уступа склона составила 0,5...5,5 м.

Сравнение и анализ морфометрических и морфологических показателей надводной части береговых склонов показали, что абразии наиболее подвержены обрывистые берега по сравнению с пологими склонами, высота которых колебалась 0,7...1,0 м с уклоном 70...89 градусов.

Проведенные натурные исследования на водохранилищах позволили сделать следующие выводы:

- переработка коренных берегов наблюдается на 35 из 43 обследованных водоемов;
- протяженность береговой линии, затронутой процессами абразии, составила 26,6 км при средней величине линейной переработки берега 10–20 м, достигающей на некоторых водохранилищах 30 м (Заславское, Лепельское);
- активизация данных процессов обусловлена в первую очередь изменением гидрологического режима водоема: поднятием уровня воды, увеличением обеспеченности активных уровней, изменения амплитуды колебания и т.д, а также расположение водоема в плане.

## Литература

1. Левкевич, В. Е. Оценка ущерба от абразионных риск-процессов на водных объектах Республики Беларусь / В. Е. Левкевич, В. В. Кобяк, С. М. Пастухов, М. С. Кукушинов, А. В. Бузук // Вест. Ком.-инж. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2008. – № 2(8). – С. 69–72.
2. Левкевич, В. Е. Переработка берегов малых равнинных водохранилищ мелиоративных систем, её прогноз и управление (на примере Белорусской ССР): дис. канд. техн. наук: 06.01.02 / В. Е. Левкевич. – Минск, 1986. – 135 с.
3. Широков, В. М. Методические рекомендации по оценке воздействий малых водохранилищ на окружающую среду / В. М. Широков, П. С. Лопух, В. Е. Левкевич; под ред. В. М. Широкова. – Минск: Белгосуниверситет, 1995. – 68 с.
4. Кобяк, В. В. Результаты лабораторных и натурных исследований береговых процессов водохранилищ Беларуси // В. В. Кобяк // Весн. Ком.-инж. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2011. – № 1 (13). – С. 15–22.
5. Переработка берегов малых водохранилищ. Ч. IV. Основные выводы из результатов наблюдений и исследований 1961 г.: отчет о НИР / Белорусский политехнический ин-т; рук. темы М. Т. Солдаткин. – Минск, 1962. – 57 с.

УДК 631.459.31+627.8

### **Анализ причин и последствий гидродинамических аварий на водных объектах, связанных с разрушением береговых склонов**

Бузук А. В., Кобяк В. В., Миканович Д. С.

Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь  
Минск, Республика Беларусь

*Приведены сведения об авариях на гидротехнических объектах в мировой практике и в Беларуси, вызванные разрушением береговых склонов, проанализированы их причины, отмечены основные направления по предотвращению чрезвычайных ситуаций.*

Анализ литературных и справочных материалов, картографических изданий указывает на наличие большого количества водных объектов в непосредственной близости от городов, где проживает достаточно большое количество людей. Особенность такого расположения объясняется хозяйственно-питьевыми, рекреационными, промышленными и другими нуждами, в том числе и для устройства гидроэлектростанций [1]. Принимая во внимание все положительные стороны при эксплуатации гидротехнических сооружений (далее – ГТС), стоит учитывать и возможность возникновения